

УДК 004: 311.21: 338.43

*Н. М. Самарець,
к. т. н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

ДИНАМІКА ТА РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ АГРАРНОГО РИНКУ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

*N. M. Samarets
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Information Systems and Technologies Department,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro*

DYNAMICS AND REGRESSION ANALYSIS OF THE AGRARIAN FOOD MARKET

Розглянуто питання побудови та регресійного аналізу моделей залежності обсягів споживання населенням України основних продуктів харчування від чинників, які характеризують економічну доступність продовольства: виробництва на одну особу, середньої заробітної плати й середніх цін реалізації сільськогосподарськими підприємствами. У якості базових продуктів обрано овочі, м'ясо, яйця, молоко та ягоди. На основі вибіркового статистичних даних побудовано лінії трендів споживання та виробництва вказаних продуктів у 2000–2017 рр. Результати проведеного оцінювання матриці парних коефіцієнтів кореляції між факторами із використанням алгоритму Феррара–Глобера показали, що між незалежними ознаками існує мультиколінеарність, тому вони не можуть одночасно входити в адекватну лінійну регресійну модель. Для дослідження впливу обраних чинників на обсяги споживання використано мультиплікативну регресію та за допомогою коефіцієнтів еластичності проведено оцінку відносного впливу кожного фактора на залежну змінну. Розраховані коефіцієнти еластичності обсягів споживання продуктів харчування за цінами реалізації мають від'ємні значення, що відповідає їх економічному сенсу.

National food security, improving well-being and quality of life are main and urgent problems of the Ukrainian economy. The main component of the food security is the satisfaction of the population needs with environmentally friendly and healthy food products at scientifically-based standards and affordable prices. The solution to this problem is closely related to researches based on empirical data of quantitative relationships between socio-economic factors that determine the amount of food products consumption by the population. An effective mean of determining statistical dependencies is an economic-mathematical modeling, in particular, correlation and regression analysis, which provides tools for economic measurements and a methodology for model parameters estimating. The article studies the questions of building and regression analysis of dependency models of basic foodstuffs consumption volumes by the population of Ukraine based on the indicators characterizing the economic availability of food: per capita output, average wages and average selling prices by agricultural enterprises are considered. As the basic products are selected vegetables, meat, eggs, milk and berries. Based on selected statistical data, the trends of consumption and production of these products in 2000-2017 were constructed. The results of the

evaluation of the matrix of paired correlation coefficients between the factors using the Farrar–Glauber test showed that there is multicollinearity between the independent characteristics, therefore they can not simultaneously enter into an adequate linear regression model. To study the influence of selected indicators on consumption volumes, multiplicative regression was used and the relative influence of each factor on the dependent variable was estimated with the help of elasticity coefficients. The calculated elasticity coefficients of the volume of food consumption at sales prices have negative values, which corresponds to their economic sense.

Ключові слова: *продовольча безпека, мультиколінеарність, моделювання, регресійний аналіз, статистична значущість, коефіцієнт еластичності, споживання, виробництво продуктів харчування.*

Keywords: *food security, multicollinearity, simulation, regression analysis, statistical significance, elasticity coefficient, consumption, food production.*

Постановка проблеми. Національна продовольча безпека, поліпшення добробуту та якості життя – одні з головних та актуальних проблем української економіки. Основною складовою продовольчої безпеки є задоволення населення екологічно чистими й корисними продуктами харчування за науково-обґрунтованими нормами та доступними цінами. Вирішення цього завдання тісно пов'язане з дослідженнями на основі емпіричних даних кількісних співвідношень між соціально-економічними чинниками, які обумовлюють обсяг споживання населенням продуктів харчування. Ефективним засобом визначення статистичних залежностей виступає економіко-математичне моделювання, зокрема, кореляційно-регресійний аналіз, який дає інструментарій для економічних вимірювань та методологію оцінки параметрів моделей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сировинну базу галузі виробництва харчових продуктів, яка є основою продовольчої безпеки держави, забезпечує сільське господарство. Визначення факторів, що впливають на виробництво хлібобулочних виробів в Україні, їх кореляційний та регресійний аналіз за допомогою нейронних мереж проведено в роботі [1]. Згідно дослідженню [2], моніторинг стану та перспектив посилення продовольчої безпеки є вагомим складовим покращення добробуту країни. Вимірювання регіональної продовольчої безпеки за допомогою інтегральної рангової оцінки характеризує неоднорідність задоволення продуктових потреб населення. Застосування математичних методів дає змогу формально описати та дослідити кількісні зв'язки між показниками для кращого розуміння господарських явищ, сформулювати управлінські рішення та дати прогнози [3]. Сучасною тенденцією впровадження інформаційних технологій є перехід на вільне програмне забезпечення; крім зменшення витрат на інформатизацію, основною перевагою його використання є також безпечність від комп'ютерних вірусів, усунення залежності від одного постачальника, висока швидкість розробки нових релізів та випуск нових поправок і програмних продуктів [4]. Дослідники розглядають економічний розвиток підприємств зернового комплексу в умовах ризиків та глобалізації [5]; пропонують підхід, який базується на дослідженні та аналізі тенденцій розвитку передових технологічних напрямків у сфері виробництва, накопичення та обробки Big Data [7]; аналізують інформаційні технології, що використовуються аграрними підприємствами під час збирання та аналізу маркетингової інформації [8]; досліджують концепцію оптимізації процесів агровиробництва в умовах невизначеності [9].

У роботі [11] побудовано економетричні моделі залежностей обсягів виробництва та споживання продукції овочівництва від чинників, які найбільш суттєво на них впливають. Стаття [12] присвячена питанням сучасного рівня продовольчого забезпечення України та її областей за основними видами продуктів харчування й розрахунку індикаторів достатності споживання продуктів харчування по відношенню до раціональних норм харчування. Важливе місце в діяльності сучасних господарств АПК займають різноманітні аспекти оптимізації та пошуку найкращого плану виробництва [6; 13].

Незважаючи на значний обсяг проведених досліджень, спостерігається недостатність у розробці питань щодо продовольчої безпеки країни методами економіко-математичного моделювання. Зокрема, потребує уваги побудова на основі емпіричних даних регресійних рівнянь із статистично значущими параметрами для визначення факторів, які мають найбільший вплив на споживання населенням продуктів харчування.

Формулювання цілей статті. Мета дослідження – перевірка наявності мультиколінеарності пояснювальних змінних в економетричних моделях продуктового комплексу та визначення чинників, які найбільш суттєво впливають на обсяги споживання основних харчових продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень використано вибірку даних Державної служби статистики України [10]. У якості базових продуктів розглянуто такі: овочі (кг), м'ясо (кг), яйця (шт.), молоко (кг) та ягоди (кг). На рис. 1 показано динаміку обсягів споживання та виробництва обраних продуктів харчування на одну особу в рік у 2000–2017 рр., а також розраховані тренди з коефіцієнтами детермінації R^2 .

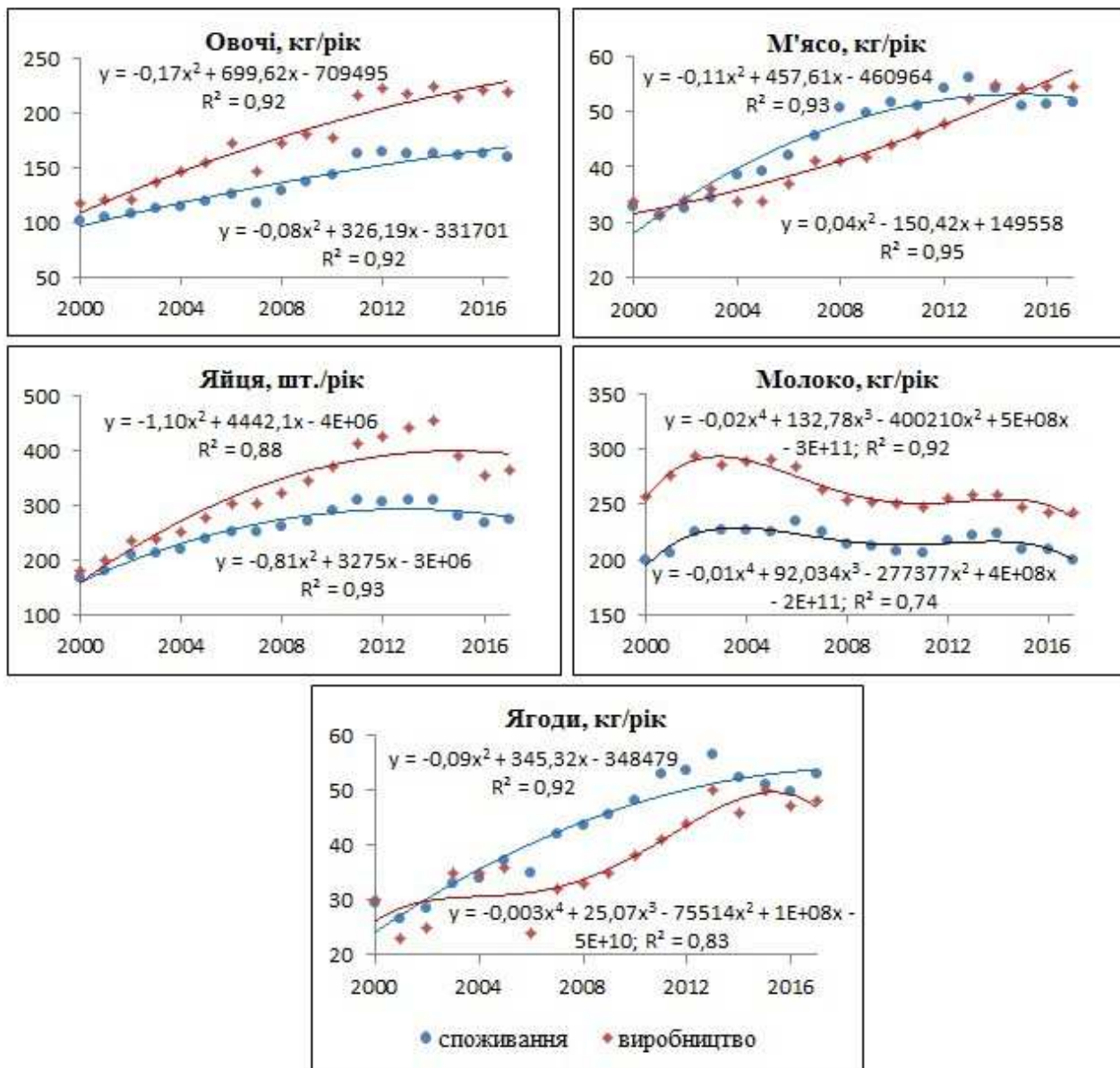


Рис. 1. Динаміка обсягів споживання та виробництва продуктів харчування

Перевищення споживання ягід над їх виробництвом пояснюється тим, що деякою мірою потреба населення в ягодах задовольняється за рахунок імпорту.

За даними Державної служби статистики, у 2017 р. в Україні досягнуто досить високого рівня самозабезпеченості основними видами продовольства (виробництво до внутрішнього використання на території країни) (рис. 2).

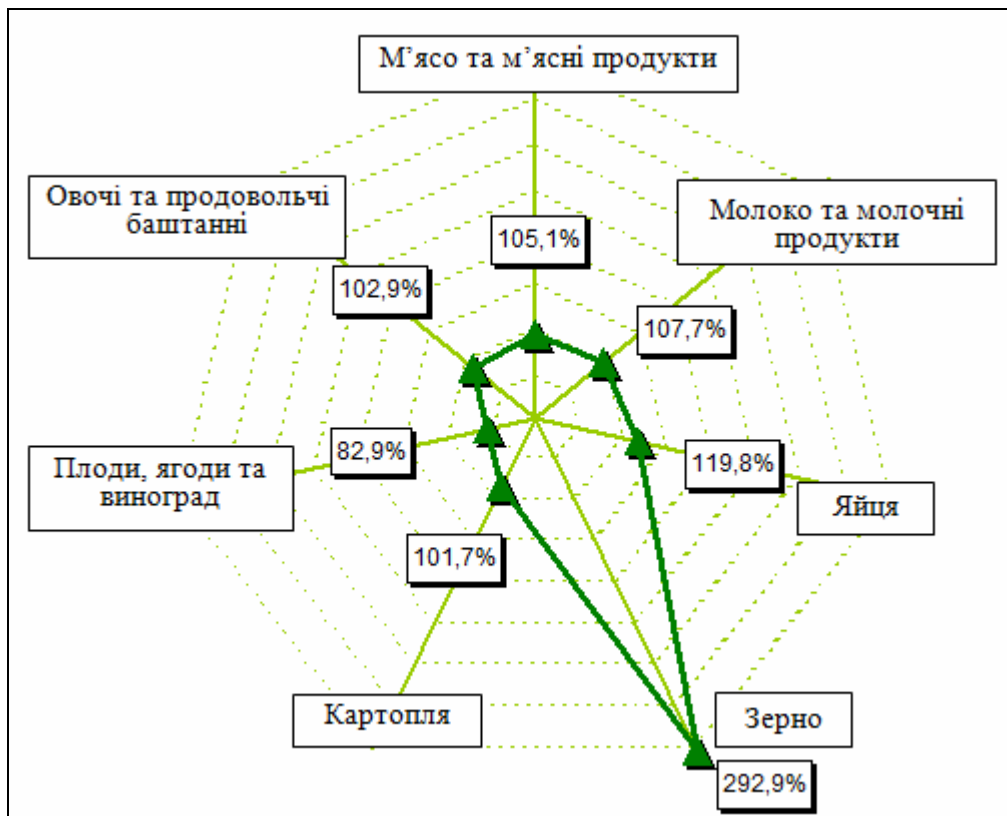


Рис. 2. Рівень самозабезпеченості основними видами продовольства в Україні у 2017 р. [10]

Для побудови економетричних моделей використано вибірку даних Державної служби статистики України за 15 років [10]. Ідентифіковано показники, які впливають на обсяги споживання у (кг, шт.) продуктів харчування на одну особу в рік: виробництво на одну особу в рік – X_1 (кг, шт.), середня заробітна плата – X_2 (грн/міс.), середні ціни реалізації сільськогосподарськими підприємствами – X_3 (грн/т, грн/тис. шт.). Застосовано дві специфікації моделей, які базуються на адитивному та мультиплікативному законах формування економічних показників. Так, економетричні залежності обсягів споживання від обраних показників представлено у виді лінійної та степеневі регресій:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3; \quad (1)$$

$$\hat{y} = a_0x_1^{a_1}x_2^{a_2}x_3^{a_3}. \quad (2)$$

Параметри a_i визначають вплив зміни факторів X_i ($i = 1..3$) на величину y . Якщо модель лінійна, то значення a_i характеризує граничний приріст залежної змінної. Використання степеневі функції дозволяє інтерпретувати параметри a_i як коефіцієнти еластичності споживання за відповідними факторами, які можна порівнювати між собою та ранжувати пояснювальні змінні за силою їх впливу на результативну ознаку.

Однією з умов побудови адекватного рівняння множинної лінійної моделі (1) є незалежність факторних ознак. Якщо фактори колінеарні, то вони повторюють один одного, відтак, деякі з них необхідно виключити з регресії чи трансформувати вхідну інформацію. Мультиколінеарність можна дослідити за допомогою алгоритму Феррара–Глобера. Він включає три статистичних критерії, за якими перевіряється мультиколінеарність: всього масиву пояснювальних змінних (χ^2 – «хі»-квадрат), кожної пояснювальної змінної з рештою змінних (F -критерій), кожної пари пояснювальних змінних (t -критерій). Порівняння розрахованих і критичних значень відповідних критеріїв дає можливість зробити висновки щодо наявності чи відсутності мультиколінеарності [3].

Реалізацію алгоритму Феррара–Глобера здійснено за допомогою електронних таблиць MS Excel. Коефіцієнти парної кореляції між змінними обчислено функцією *KORPEL*, кореляційні матриці – інструментом *Корреляция*, критичне значення χ^2 – функцією *ХИ2ОБР*, критичне значення F -критерію – функцією *FRASПОБР*, t -критерію – функцією *СТЬЮДРАСПОБР*. Загальні результати проведених розрахунків коефіцієнтів кореляції між змінними та статистичних критеріїв наведено в табл. 1.

Таблиця 1.
Результати дослідження мультиколінеарності факторів

Продукти харчування		Овочі	М'ясо	Яйця	Молоко	Ягоди
Парні коефіцієнти кореляції	r_{yx_1}	0,988	0,911	0,986	0,643	0,875
	r_{yx_2}	0,974	0,954	0,949	-0,049	0,971
	r_{yx_3}	0,845	0,948	0,873	-0,118	0,963
	$r_{x_1x_2}$	0,961	0,976	0,984	-0,691	0,845
	$r_{x_1x_3}$	0,844	0,929	0,936	-0,723	0,740
	$r_{x_2x_3}$	0,892	0,980	0,974	0,979	0,952
Критерій χ^2 $\chi^2(0,05;3) = 7,81$	χ^2	50,84	81,34	82,71	47,96	46,08
F -критерій $F(0,05;2;12) = 3,89$	F_1	74,17	188,58	270,57	6,74	18,89
	F_2	106,80	647,82	658,64	141,67	113,85
	F_3	23,67	224,29	162,94	155,53	69,63
Частинні коефіцієнти кореляції	$r_{12,3}$	0,860	0,879	0,908	0,119	0,684
	$r_{13,2}$	-0,109	-0,597	-0,556	-0,314	-0,394
	$r_{23,1}$	0,546	0,899	0,844	0,960	0,908
t -критерій $t(0,05;12) = 2,18$	t_{12}	5,85	6,40	7,51	0,41	3,24
	t_{13}	0,38	2,58	2,32	1,15	1,49
	t_{23}	2,26	7,12	5,46	11,933	7,51

За результатами обчислень визначено, що сильний додатний кореляційний зв'язок між споживанням та розглянутими факторами існує для всіх обраних продуктів харчування, крім молока. Високі значення парних коефіцієнтів кореляції між факторами вказують на можливість мультиколінеарності пояснювальних змінних.

Перевірка матриці цих коефіцієнтів за статистичним критерієм χ^2 , розрахунок F - та t -критеріїв підтверджують наявність мультиколінеарності факторних ознак. Таким чином, на основі одержаних вибірових даних не можна побудувати множинні лінійні економетричні моделі (1) із статистично значущими параметрами, які об'єднують усі обрані показники кожного з продуктів. Зауважимо, що аналогічний висновок отримано також при побудові вказаних рівнянь із використанням інструменту *Регресія* електронних таблиць MS Excel, для яких статистична значущість параметрів виявилась достатньо низького рівня.

Для оцінки еластичності споживання продуктів харчування за відповідними показниками проведено розрахунки степеневих моделей (2) інструментом *Регресія*, результати яких наведено в табл. 2 і на рис. 3.

Таблиця 2.
Результати розрахунків мультиплікативних моделей

Продукти харчування		Овочі	М'ясо	Яйця	Молоко	Ягоди
Коефіцієнт детермінації	R^2	0,98	0,98	0,99	0,86	0,99
F -критерій	F	157,8	144,5	644,5	22,7	321,6
Коефіцієнти еластичності	a_1	0,51	0,03	0,66	0,75	0,39
	a_2	0,12	0,29	0,06	0,10	0,10

	a_3	-0,14	-0,11	-0,09	-0,08	-0,12
Статистична значущість коефіцієнтів еластичності	$\alpha(a_1)$	0,005	0,847	3,2E-05	3,0E-04	9,9E-05
	$\alpha(a_2)$	0,080	0,001	0,109	0,021	0,125
	$\alpha(a_3)$	0,091	0,250	0,002	0,144	0,078

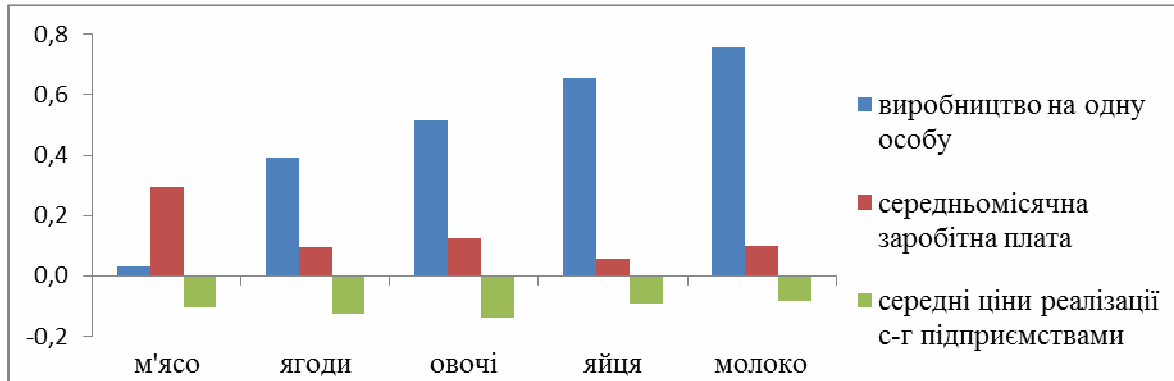


Рис. 3. Коефіцієнти еластичності споживання продуктів харчування за відповідними показниками

Розраховані коефіцієнти еластичності менше 1, тому функції споживання в даному разі є відносно нееластичними. Сільськогосподарська продукція належить саме до групи товарів з відносно нееластичним попитом, що пояснюється дією, у тому числі, фактора заміщення, коли при зміні ціни на один товар споживач може задовольнити потребу, купивши інший. Подібне заміщення щодо харчових продуктів обмежене біологічними потребами людини. Загалом діє тенденція – чим більше існує заміників якогось товару, тим більш еластичний попит на нього, і навпаки.

На основі даних табл. 2 проведено ранжування значень коефіцієнтів еластичності споживання продуктів харчування за кожним показником економічної доступності продовольства (рис. 4).



Рис. 4. Ранжування коефіцієнтів еластичності споживання продуктів харчування за відповідними показниками

У результаті проведених досліджень можна відзначити, що на споживання молока, яєць, овочів та ягід найбільший відносний вплив має їх виробництво, потім – заробітна плата й середні ціни реалізації; коефіцієнти еластичності обсягів споживання кожного з цих продуктів за заробітною платою та за цінами реалізації мають приблизно однакові значення, але протилежні знаки. Натомість споживання м'яса найбільше серед інших продуктів залежить від заробітної плати; рівень його коефіцієнта еластичності за середніми цінами реалізації близький до відповідних показників інших продуктів.

Розраховані коефіцієнти еластичності обсягів споживання продуктів харчування за цінами реалізації мають від'ємні значення, що відповідає їх економічному сенсу. Зауважимо, що на етапі проведення попередніх проміжних розрахунків обчислено парні регресії виду $\hat{y} = a_0 x_3^{a_3}$, тобто залежності обсягів споживання продуктів харчування від середніх цін реалізації, та отримано позитивні значення відповідних коефіцієнтів еластичності, що суперечить економічній логіці. Можна припустити, що побудовані трифакторні регресії $\hat{y} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} x_3^{a_3}$ мають вищі якісні властивості порівняно з парними моделями [11].

Висновки. На основі вибірки даних Державної служби статистики України досліджено залежність обсягів споживання на одну особу в рік овочів, м'яса, яєць, молока та ягід від чинників, які характеризують економічну доступність продовольства: виробництво на одну особу в рік, середньомісячна заробітна плата та

середні ціни реалізації сільськогосподарськими підприємствами. Результати проведеного оцінювання показали, що між факторними ознаками існує мультиколінеарність, тому вони не можуть одночасно входити в адекватну лінійну регресійну модель.

За підсумками розрахунків мультиплікативних регресійних моделей визначено, що обсяги споживання таких продуктів, як молоко, яйця, овочі та ягоди, мають найбільші коефіцієнти еластичності саме за виробництвом; вплив заробітної плати та цін реалізації на їх споживання приблизно однаковий за значенням та протилежний за напрямом. Щодо еластичності обсягів споживання продуктів харчування за заробітною платою, то можна відзначити її найвищий рівень для м'яса та найнижчий – для яєць.

Подальші дослідження можуть бути присвячені побудові економетричних моделей залежностей обсягів споживання не розглянутих у даній роботі харчових продуктів від аналогічних показників економічної доступності продовольства.

Література.

1. Алексейчук В. О. Регресійний аналіз виробництва хлібобулочних виробів в Україні за допомогою нейронних мереж / В. О. Алексейчук // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія : Економіка і менеджмент. – 2015. – Вип. 10. – С. 69–73.

2. Васильєва Н. К. Оцінка регіональної продовольчої безпеки України / Н. К. Васильєва // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. – 2018. – № 7. – Режим доступу : http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/5.pdf

3. Економетрика в електронних таблицях : навч. посіб. / Васильєва Н. К., Мироненко О. А., Самарець Н. М., Чорна Н. О. ; за заг. ред. Н. К. Васильєвої. – Дніпро : Біла К.О., 2017. – 149 с.

4. Інформатика в LINUX-середовищі : навч. посібник / за ред. Н. К. Васильєвої. – Дніпропетровськ : Біла К. О., 2016. – 268 с.

5. Карамушка О. М. Економічний розвиток підприємств зернового комплексу в умовах ризиків та глобалізації / О. М. Карамушка // Молодий вчений. – 2016. – № 5(32). – С. 61–64.

6. Келюх О. О. Застосування інформаційних технологій при логістичному підході до процесу екологічних перевезень вантажів аграрного призначення / О. О. Келюх, М. О. Кравець // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. – 2018. – № 6. – Режим доступу : http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/6_2018/46.pdf

7. Коротенко Г. М. Диверсифікація компетентностей сучасного студента з урахуванням розширення спектра застосування технологій Big Data / Г. М. Коротенко и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении : сб. науч. тр. – Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2016. – Вып. 94. – С. 87–94.

8. Мороз С. І. Використання інформаційних технологій в аграрному маркетингу / С. І. Мороз, І.І. Шрамко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2017. – № 2(44). – С. 117–122.

9. Нужна С. А. Математичні аспекти моделювання та планування діяльності агропромислових підприємств в умовах невизначеності / С. А. Нужна // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 3(41). – С. 128–133.

10. Офіційний веб-сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://ukrstat.gov.ua/>

11. Самарець Н. М. Економетричне моделювання на аграрному ринку продукції овочівництва / Н. М. Самарець // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2017. – № 2(44). – С. 103–108.

12. Сегеда С. А. Сучасний рівень продовольчого забезпечення в Україні / С. А. Сегеда // Економіка і суспільство. – 2016. – № 5. – С. 104–109.

13. Samarets N. Application of mathematical models of transportation problems for optimization of agroindustrial production / N. Samarets // The providing of sustainable development of agricultural sector for its innovative base : collective monograph. – Science and Education Ltd, SHEFFIELD. – 2015. – P. 176–183.

References.

1. Alekseychuk, V. A. (2015), “Regression analysis bakery products in Ukraine using neural networks”, *Naukovyj visnyk Mizhnarodnogo humanitarnogo universytetu. Serija : Ekonomika i menedzhment*, vol. 10, pp. 69–73.

2. Vasylyjeva, N. K. (2018), “Assessment of regional food security in Ukraine”, *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 7, available at: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/5.pdf (Accessed 25 Sept 2018).

3. Vasylyeva, N. K. Myronenko, O. A. Samarec', N. M. and Chorna, N. O. (2017), *Ekometryka v elektronnyh tablycjah* [Econometrics in spreadsheets], Bila K. O., Dnipro, Ukraine.

4. Edited by Vasylyeva, N. K. (2016), *Informatyka v LINUX-seredovyschi* [Informatics in LINUX-environment], Bila K. O., Dnipropetrovsk, Ukraine.

5. Karamushka, O.M. (2016), “Economic development of enterprises grain of the complex in the conditions of risks and globalization”, *Young Scientist*, vol. 32, no. 5, pp. 61–64.

6. Keliukh, O. and Kravets, M. (2018), “The use of information technology in the logistic approach to the process of environmental transportation of agrarian purposes”, *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 6, available at: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/6_2018/46.pdf (Accessed 25 Sept 2018).

7. Korotenko, G.M. (2016), "Diversification of competencies for the modern student subject to expansion of applications for Big Data technologies", *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinistroyeniye. Seriya: kompyuternyye sistemy i informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii, nauke i upravlenii*, vol. 94, pp. 87–94.
8. Moroz, S. and Shramko, I. (2017), "Using of information technologies in agrarian marketing", *Visnyk Dnipropetrovs'kogo Derzhavnogo Agrarno-ekonomichnogo Universytetu*, vol. 44, no. 2, pp. 117–122.
9. Nuzhna, S. (2016), "Mathematical aspects of agricultural enterprises design and planning under uncertainty", *Visnyk Dnipropetrovs'kogo Derzhavnogo Agrarno-ekonomichnogo Universytetu*, vol. 41, no. 3, pp. 128–133.
10. The official website of State Statistics Service of Ukraine (2018), [Online], available at : <http://ukrstat.gov.ua/> (Accessed 25 Sept 2018).
11. Samarets, N.M. (2017), "Econometric modeling in the agrarian market of vegetable production", *Visnyk Dnipropetrovs'kogo Derzhavnogo Agrarno-ekonomichnogo Universytetu*, vol. 44, no. 2, pp. 103–108.
12. Sehedra, S.A. (2016), "The current level of food security in Ukraine", *Ekonomika i suspil'stvo*, vol. 5, pp. 104–109.
13. Samarets, N. (2015), "Application of mathematical models of transportation problems for optimization of agroindustrial production", *The providing of sustainable development of agricultural sector for its innovative base : collective monograph*, Science and Education Ltd, Sheffield, England, pp. 176–183.

Стаття надійшла до редакції 05.10.2018 р.